

Klasifikasi Penyakit *Diabetic Retinopathy* menggunakan Metode *Learning Vector Quantization* (LVQ)

Elsa Sabrina

Program Studi S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

e-mail: elsasabrina@mhs.unesa.ac.id

I Gusti Putu Asto Buditjahjanto

Program Studi S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

e-mail: asto@unesa.ac.id

Abstrak

Retinopati diabetes adalah salah satu komplikasi penyakit diabetes. Komplikasi tersebut berupa kerusakan pada bagian retina mata. Tingginya kadar glukosa dalam darah adalah penyebab pembuluh darah kapiler kecil menjadi pecah dan dapat menyebabkan kebutaan. Gejala yang ditunjukkan oleh penderita *Diabetic Retinopathy* (DR) antara lain *microaneurysms*, *hemorrhages*, *hard exudate*, *soft exudates* dan *neovascularization*. Gejala tersebut pada suatu intensitas tertentu dapat menjadi indikator fase (tingkatan keparahan) retinopati diabetes penderita. Penelitian ini dilakukan untuk mengklasifikasi penyakit retinopati diabetik dengan citra *fundus retinoskopi* melalui metode Kecerdasan Buatan, yaitu *Learning Vector Quantization*. Melalui tahapan proses pengolahan citra, mengubah intensitas citra, menghilangkan Diskus Optik, kemudian melalui proses ekstraksi fitur citra yakni fitur citra pembuluh darah. Ekstraksi fitur warna citra menggunakan intensitas keabuan pada citra kemudian diubah menjadi citra biner sehingga area fitur pembuluh darah lebih menonjol daripada fitur lainnya. Pada tahapan akhir dilakukan proses klasifikasi citra dengan menggunakan metode *Learning Vector Quantization*. Kemudian untuk perhitungan kinerja program, dilakukan pencatatan *Mean Square Error* (MSE), keakurasian, sensitifitas, dan spesifisitas yang terdapat dalam tabel *Confusion Matrix* dan kurva *Receiver Operating Characteristic* (ROC). Hasil pembelajaran kecerdasan buatan *Learning Vector Quantization* (LVQ) dengan ekstraksi fitur pembuluh darah mempunyai akurasi pelatihan 90%, dan akurasi pengujian 43.75%.

Kata Kunci: *Diabetic Retinopathy*, Retinopati Diabetik, Klasifikasi, *Learning Vector Quantization*, LVQ, Ekstraksi Fitur, Messidor Database.

Abstract

Diabetic Retinopathy is one of the complications of diabetes. The complication caused by damaged retina on the eye. High level of glucose in the blood is the cause of small capillary blood vessels to rupture and can cause blindness. Indication demonstrated by Diabetic Retinopathy (DR) patients include microaneurysms, hemorrhages, hard exudates, soft exudates and neovascularization. These indication at a certain intensity can be an indicator of the phase (severity level) of diabetic retinopathy patients. This research was conducted to classify diabetic retinopathy disease with fundus retinoscopy image through Artificial Intelligence method, Learning Vector Quantization. Through the stages of image processing, change the intensity of the image, remove the optic disk, then through image feature extraction process that features the image of blood vessels. Color image feature extraction uses the gray intensity of the image then converted to binary so that the vascular feature area is more prominent than any other feature. At the final stage, the process of image classification using Learning Vector Quantization method. Then for program performance calculation, the Mean Square Error (MSE) record, accuracy, sensitivity, and specificity contained in the Confusion Matrix table and Receiver Operating Characteristic (ROC) curve. Learning Vector Quantization (LVQ) artificial learning result with vascular feature extraction has 90% training accuracy, and 43.75% accuracy testing.

Keywords: *Diabetic Retinopathy*, *Diabetic Retinopathy*, Classification, *Learning Vector Quantization*, LVQ, Feature Extraction, Messidor Database.

I. PENDAHULUAN

Diabetic Retinopathy atau retinopati diabetes adalah salah satu komplikasi penyakit diabetes. Komplikasi tersebut berupa kerusakan pada bagian retina mata. Tingginya kadar glukosa dalam darah adalah penyebab pembuluh darah kapiler kecil menjadi pecah dan dapat menyebabkan kebutaan. Retinopati diabetes diawali dengan melemah atau hancurnya kapiler kecil di retina,

darah bocor yang kemudian menyebabkan penebalan jaringan, pembengkakan, dan pendarahan yang luas (Ratna Ayu, 2013). Penyakit ini akan berdampak langsung pada terganggunya penglihatan penderita dan apabila terlambat ditangani akan menyebabkan penderita mengalami kebutaan permanen.

Mikroaneurisma dan exudate merupakan salah satu ciri yang menandakan adanya penyakit retinopati diabetes.

Gejala yang ditunjukkan oleh penderita Diabetic Retinopathy (DR) antara lain mikroaneurisma, hemorrhages, hard exudate, soft exudates dan neovascularis. Gejala tersebut pada suatu intensitas tertentu dapat menjadi indikator fase (tingkatan keparahan) retinopati diabetes penderita. Secara umum fase tersebut dibagi dalam tiga fase, yaitu non-proliferative diabetic retinopathy (NPDR), proliferative diabetic retinopathy (PDR), serta macula edema (ME) (Rocky, 2013).

Penelitian ini berfokus pada kerusakan retina atau yang biasa dikenal dengan istilah *Diabetic Retinopathy* sebagai dampak dari penyakit Diabetes Melitus yang menyebabkan kebutaan permanen pada orang dewasa. *World Health Organization* (WHO) melaporkan bahwa Indonesia berada di urutan keempat negara yang jumlah penyandang DM terbanyak. Dari berbagai penelitian epidemiologis di Indonesia yang dilakukan oleh pusat-pusat diabetes, sekitar tahun 1980-an prevalensi diabetes mellitus pada penduduk usia 15 tahun ke atas sebesar 1,5-2,3% dengan prevalensi di daerah rural/pedesaan lebih rendah dibandingkan perkotaan. Menurut data *Indonesian Diabetic Prevalence* pada 2006, jumlah penderita DM di perkotaan mencapai 8,2 juta orang, sementara di pedesaan mencapai 5,5 juta orang. Badan Kesehatan Dunia (WHO) bahkan memperkirakan jumlah penderita DM tipe 2 di Indonesia meningkat tiga kali lipat dalam 10 tahun dan pada 2010 mencapai 21,3 juta orang, yang awalnya tahun 2000 jumlah penderita hanya 8,4 juta orang (Susilo, Yekti dan Wulandari, Ari. 2011). Penelitian epidemiologis di Amerika, Australia, Eropa, dan Asia melaporkan bahwa jumlah penderita retinopati DM akan meningkat dari 100,8 juta pada tahun 2010 menjadi 154,9 juta pada tahun 2030 dengan 30% diantaranya terancam mengalami kebutaan. *The Diab Care Asia 2008 Study* melibatkan 1785 penderita DM pada 18 pusat kesehatan primer dan sekunder di Indonesia dan melaporkan bahwa 42% penderita DM mengalami komplikasi retinopati, dan 6,4% di antaranya merupakan retinopati DM proliferasi (Ratna, 2011). Riset Kesehatan Dasar (Riskesdas) tahun 2007 dan 2013 melakukan wawancara untuk menghitung proporsi diabetes mellitus pada usia 15 tahun ke atas. Didefinisikan sebagai diabetes mellitus jika pernah didiagnosis menderita kencing manis oleh dokter atau belum pernah didiagnosis menderita kencing manis oleh dokter tetapi dalam 1 bulan terakhir mengalami gejala sering lapar, sering haus, sering buang air kecil dengan jumlah banyak dan berat badan turun. Hasil wawancara tersebut mendapatkan bahwa proporsi diabetes mellitus pada Riskesdas 2013 meningkat hampir dua kali lipat dibandingkan tahun 2007 (Ratna, 2011).

Sehingga dikhawatirkan dapat membawa dampak buruk dalam berbagai bidang kehidupan, karena

buruknya kualitas kesehatan usia produktif. Dengan meningkatnya penyakit *Diabetic Retinopathy* ini, maka semakin menurun tingkat kesehatan mata pada usia produktif. Sehingga perlu penelitian yang diutamakan untuk pendeteksian dini penyakit *Diabetic Retinopathy*. Masalah utama dalam penanganan retinopati DM adalah keterlambatan diagnosis karena sebagian besar penderita pada tahap awal tidak mengalami gangguan penglihatan (Ratna, 2011).

Melalui penelitian ini, indikasi dari kerusakan retina pada penderita Diabetes Melitus akan diklasifikasikan dalam berbagai kategori untuk mencegah rendahnya kualitas mata untuk usia produktif di Indonesia. Menggunakan metode *Learning Vector Quantization (LVQ)*, menurut Xiaofeng Li (2016), “jaringan syaraf tiruan metode *Learning Vector Quantization (LVQ)* adalah jaringan syaraf dengan struktur jaringan sederhana, dan mempunyai kecepatan Learning lebih cepat daripada jaringan syaraf buatan Backpropagation”. Selain itu dengan pertimbangan menurut Nimas Ayu (2016), “pada metode LVQ yang berpengaruh oleh nilai *learning rate* tanpa pengaruh jumlah epoch”. Data penelitian berasal dari database Messidor tahun 2014 terkait pemenuhan data penelitian.

II. KAJIAN TEORI

1. *Diabetic Retinopathy*

Diabetic Retinopathy atau retinopati diabetik merupakan komplikasi mata yang terjadi akibat penyakit Diabetes Melitus. Retinopati diakibatkan oleh perubahan-perubahan di pembuluh darah kapiler retina penderita diabetes. Tanda retinopati yang paling lazim ditemukan ialah pembengkakan di pembuluh darah kapiler di retina serta kebocoran dindingnya.

Retinopati diabetes diklasifikasikan menjadi stadium awal atau *Non Proliferative Diabetic Retinopathy* (NPDR) atau retinopati diabetik non proliferasi dan stadium lanjut atau *Proliferative Diabetic Retinopathy* (PDR) atau retinopati diabetik proliferasi. NPDR diklasifikasikan menjadi stadium ringan, sedang dan berat. PDR diklasifikasikan menjadi stadium awal, risiko tinggi dan lanjut (American Academy of Ophthalmology and Staff, 2011-2012b; Duh, 2010; Dirani, et al., 2011; Doft, et al., 2010).

Retinopati diabetes diklasifikasikan menjadi stadium awal atau *Non Proliferative Diabetic Retinopathy* (NPDR) atau retinopati diabetik non proliferasi dan stadium lanjut atau *Proliferative Diabetic Retinopathy* (PDR) atau retinopati diabetik proliferasi. NPDR diklasifikasikan menjadi stadium ringan, sedang dan berat. PDR diklasifikasikan menjadi stadium awal, risiko tinggi dan lanjut (American Academy of Ophthalmology and Staff,

2011-2012b; Duh, 2010; Dirani, et al., 2011; Doft, et al., 2010).

Gejala yang terjadi pada penderita *Diabetic Retinopathy* adalah *microaneurysms* (tonjolan dinding kapiler dekat pembuluh darah), *haemorrhage* (bercak merah), *soft exudates* dan *hard exudates* (bercak nanah), *neovascularization* (pembuluh darah baru, pembuluh darah yang berkelok-kelok).

2. Proses Pengolahan Citra Digital

Awalnya, citra retina hasil funduskop akan disamakan dimensinya yaitu 2240 x 1488 piksel. Kemudian dilakukan proses pengolahan citra digital, mengambil dimensi warna kanal hijau pada citra, mengubah citra kanal hijau menjadi negative untuk menonjolkan ciri pembuluh pada citra, kemudian melalui proses filterisasi dengan metode median filter dan morfologi open.

3. Segmentasi Ciri Citra

Setelah proses pengolahan citra dengan penajaman dan pencerahan citra. Pada proses segmentasi ciri citra dilakukan suatu proses penghilangan diskus optikus dan ciri selain pembuluh darah dengan metode morfologi open.

4. Ekstraksi ciri citra

Untuk melalui tahap klasifikasi, diperlukan tahap ekstraksi ciri citra. Metode yang digunakan adalah otsu thresholding atau global thresholding. Dengan metode ini, dapat diketahui nilai ciri citra pembuluh darah.

5. Klasifikasi

Klasifikasi adalah proses menentukan suatu obyek kedalam suatu kelas atau kategori yang telah ditentukan. Penentuan obyek dapat menggunakan suatu model tertentu. Beberapa model yang bias digunakan antara lain: *classification (IF-THEN) rules*, *decision trees*, formula matematika atau *neural networks* (Han, J., Kamber, M., dan Pei, J., 2006).

6. Learning Vector Quantization (LVQ)

Learning Vector Qualization (LVQ) adalah suatu metode pelatihan pada lapisan kompetitif terawasi yang akan belajar secara otomatis untuk mengklasifikasikan vektor-vektor input ke dalam kelas-kelas tertentu. Kelas kelas yang dihasilkan tergantung pada jarak antara vektor-vektor input. Apabila beberapa vektor input memiliki jarak yang sangat berdekatan, maka vektor-vektor input tersebut akan dikelompokkan dalam kelas yang sama.

a. Algoritma LVQ

- 1) Menetapkan bobot awal variabel, maksimum epoch, parameter learning rate, pengurangan learning rate, dan minimal learning rate.

- 2) Masukkan data input dan target.

- 3) Menetapkan kondisi awal: epoch = 0.

- 4) Kerjakan jika: (epoch < maksimum iterasi) atau ($\alpha > \text{Eps}$).

b. Algoritma Pelatihan

- 1) Menetapkan bobot awal variabel, maksimum epoch, parameter learning rate, pengurangan learning rate, dan minimal learning rate.

- 2) Masukan data input dan target.

- 3) Menetapkan kondisi awal: epoch = 0.

- 4) Kerjakan jika: (epoch \leq MaxEpoch) dan ($\alpha \geq \text{Min } \alpha$).

c. Algoritma Pengujian

- a) Masukkan data yang akan diuji, misal: X_{ij} ; dengan $i=1,2,\dots,np$; dan $j=1,2,\dots,m$.

- b) Kerjakan untuk $i=1$ sampai np .

- a) Tentuan J sedemikian hingga $Q\%X_i - W_jQ\%$ minimum; dengan $j=1,2,\dots,K$.

- b) J adalah klas untuk X_i .

III. METODE

1. Pengolahan Citra Digital

Awalnya, citra retina hasil funduskop akan disamakan dimensinya yaitu 2240 x 1488 piksel. Kemudian dilakukan proses pengolahan citra digital, mengambil dimensi warna kanal hijau pada citra, mengubah citra kanal hijau menjadi negative untuk menonjolkan ciri pembuluh pada citra, kemudian melalui proses filterisasi dengan metode median filter dan morfologi open.

2. Segmentasi Citra

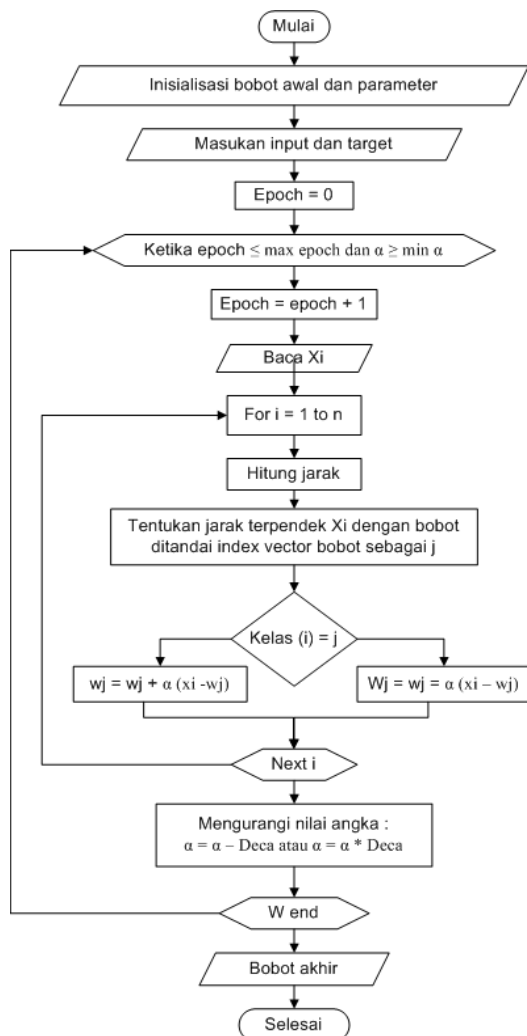
Setelah proses pengolahan citra dengan penajaman dan pencerahan citra. Pada proses segmentasi ciri citra dilakukan suatu proses penghilangan diskus optikus dan ciri selain pembuluh darah dengan metode morfologi open.

3. Ekstraksi Citra

Untuk melalui tahap klasifikasi, diperlukan tahap ekstraksi ciri citra. Metode yang digunakan adalah otsu thresholding atau global thresholding. Dengan metode ini, dapat diketahui nilai ciri citra pembuluh darah.

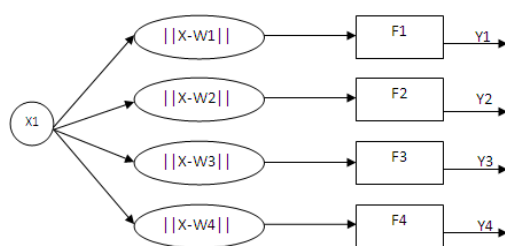
4. Klasifikasi Citra menggunakan Metode LVQ

Perancangan penelitian pada program ini menggunakan metode klasifikasi LVQ (*Learning Vector Quantization*). Sehingga mempunyai alur program klasifikasi sebagai berikut :



Gambar 1. Arsitektur Program Learning Vector Quantization. (Sumber: Data Primer).

Untuk rancangan arsitektur *Learning Vector Quantization* program adalah sebagai berikut,



Gambar 2. Rancangan Arsitektur LVQ. (Sumber: Data Pribadi).

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

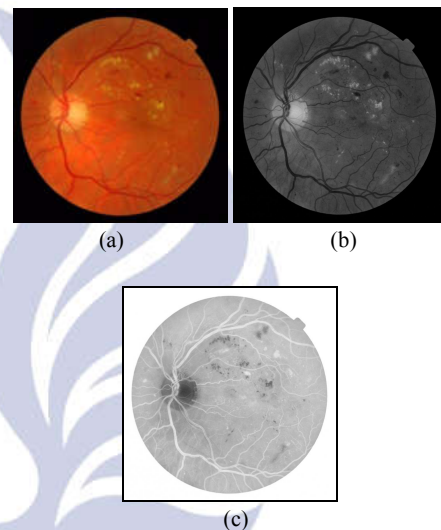
1. Pre – Processing Citra

Citra *retinoskopi Diabetic Retinopathy* yang telah diambil yakni dengan ukuran 2240 x 1488 piksel seperti pada gambar 3(a), tidak perlu di resize karena tidak ingin mengurangi informasi yang terdapat dalam citra.

Kemudian, dilakukan proses pengolahan citra dengan intensitas warna kanal hijau seperti pada gambar 3(b), karena citra pada kanal hijau lebih menonjolkan ciri citra yang akan digunakan sebagai data masukan. Setelah itu melalui tahapan mengubah intensitas warna kanal hijau menjadi negatif, tujuannya untuk lebih menonjolkan ciri fitur citra, sesuai pada gambar 3(c). Fungsi Matlab yang digunakan adalah sebagai berikut:

Tabel 1. Tahap Program *Pre - Processing* Citra

Code Program	Keterangan
$g = I(:, :, 2);$	Citra kanal hijau
$g_{inv} = \text{imcomplement}(g);$	negatif citra



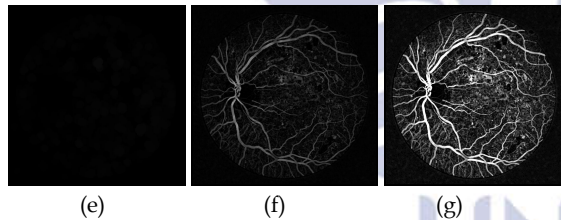
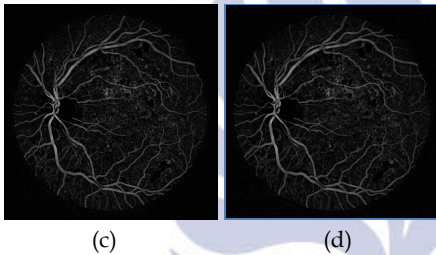
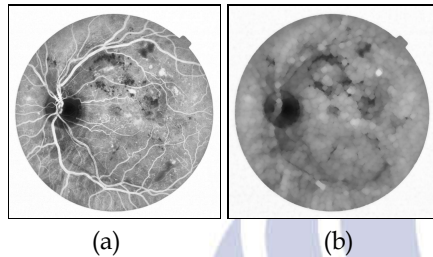
Gambar 3. (a) Citra RGB Retina (b) Citra Kanal Hijau (c) Citra Negatif Kanal Hijau (Sumber: Data Primer, 2017).

2. Pengolahan Citra Pembuluh Darah

Setelah melalui tahapan *pre-processing*, kemudian kita melalui tahapan *processing* citra. Dalam proses ini, citra yang kurang menonjolkan ciri akan melalui tahapan filter adaptive histogram equalization, dengan hasil gambar ditunjukkan pada gambar 4(a). digunakan struktur elemen 8x8 pada morfologi open untuk menonjolkan area *optic disk*, seperti pada gambar 4(b). Setelah itu melalui tahap eliminasi citra *optic disk* untuk menghilangkan area citra *optic disk*, seperti pada gambar 4(c) dan 4(d). Untuk menghilangkan latar citra yang tidak diperlukan, perlu dilakukan eliminasi latar citra menggunakan median filter dan morfologi open dengan hasil seperti gambar 4(f). Kemudian ciri pembuluh citra lebih dipertajam sebelum melalui proses ekstraksi, seperti pada gambar 4(g). Fungsi Matlab yang digunakan adalah sebagai berikut:

Tabel 2. Tahap Program Pengolahan Citra

Code Program	Keterangan
adahist = adapthisteq(ginv);	adaptive histogram equalization
se = strel('ball',8,8);	structuring element
gopen = imopen(adahist,se);	morphological open
godisk = adahist - gopen;	remove optic disk
medfilt = medfilt2(godisk);	2d median filter
background = imopen (medfilt, strel ('disk', 15));	imopen function
I2 = medfilt - background;	remove background
I3 = imadjust(I2);	image adjustment



Gambar 4. (a) citra hasil histogram ekualisasi, (b) citra hasil morfologi opening, (c) citra hasil eliminasi diskus optikus, (d) citra hasil median filter, (e) background, (f) eliminasi background, (g) penajaman citra.
(Sumber: Data Primer,2017).

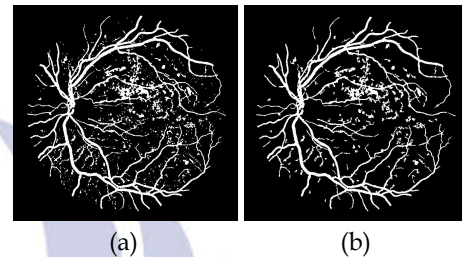
3. Ekstraksi Fitur Pembuluh Darah

Setelah melalui tahapan pengolahan citra, kemudian melalui tahapan ekstraksi citra. Dalam proses ini, citra dengan intensitas keabuan hasil filterisasi akan diubah menjadi citra biner agar fitur pembuluh darah dapat diolah informasinya sehingga dapat diklasifikasikan. Metode yang digunakan dalam ekstraksi citra adalah metode *edge detection* yaitu *otsu thresholding* seperti pada gambar 5(a) dan 5(b). Sebelum tahap *edge detection*, citra intensitas keabuan akan dfilterisasi menggunakan morfologi *opening*, dan menghilangkan

ciri fitur lain selain pembuluh darah. Fungsi Matlab yang digunakan adalah sebagai berikut:

Tabel 3. Tahap Ekstraksi Fitur Pembuluh Darah

Code Program	Keterangan
level2 = graythresh(I3);	otsu's thresholding
bw2 = im2bw(I3,level2);	mengubah citra keabuan menjadi citra biner
bw3 = bwareaopen(bw2, 30);	menghilangkan citra yang tidak termasuk pembuluh



Gambar 5. (a) citra hasil proses otsu thresholding, (b) citra hasil ekstraksi morfologi opening
(Sumber: Data Primer,2017).

4. Klasifikasi Citra menggunakan LVQ

Untuk proses klasifikasi citra biner menggunakan metode LVQ, nilai piksel citra harus disesuaikan terlebih dahulu. Kemudian melalui tahap deklarasi input dan target. Setelah itu melalui tahapan perhitungan jarak antar piksel menggunakan *Euclidean Distance*, dengan parameter *Epoch* dan *Learning Rate*.

Hasil keluaran dari klasifikasi citra meliputi 4 kelas, yaitu normal, mild NPDR, moderate NPDR, dan severe NPDR. Berikut ini merupakan perbandingan hasil klasifikasi menggunakan parameter *Learning Rate* antara 0.1 hingga 0.9.

5. Tahap Pelatihan (*Learning*)

Pada tahap pelatihan, metode yang digunakan adalah *Learning Vector Quantization (LVQ)*. Citra yang digunakan sebagai input pelatihan berjumlah 20 citra, yang terdiri atas 5 citra normal, 5 citra mild NPDR (*Non Proliferative Diabetic Retinopathy*), 5 citra moderate NPDR (*Non Proliferative Diabetic Retinopathy*), dan 5 citra severe NPDR (*Non Proliferative Diabetic Retinopathy*). Berikut ini adalah tabel hasil pelatihan:

Tabel 4. Tabel Hasil Pelatihan dengan Dimensi 2240x1488 piksel

Learning Rate	Epoch	Performanc e	Akurasi
0.01	100	0	100%
	500	0	100%
	1000	0	100%
	1500	0	100%

Learning Rate	Epoch	Performance	Akurasi
0.001	2000	0.05	90%
	2500	0	100%
	3000	0	100%
	100	0	100%
	500	0	100%
	1000	0.025	95%
	1500	0.025	95%
	2000	0	100%
0.0001	2500	0	100%
	3000	0	100%
	100	0	100%
	500	0	100%
	1000	0	100%
	1500	0	100%
	2000	0	100%
	2500	0	100%
	3000	0	100%

Tabel 5. Tabel Hasil Pelatihan dengan Dimensi 1120x744 piksel

Learning Rate	Epoch	Performance	Akurasi
0.01	100	0.125	75%
	500	0.125	75%
	1000	0.125	75%
	1500	0.125	75%
	2000	0	100%
	2500	0.125	75%
	3000	0.125	75%
	100	0.125	75%
0.001	500	0.125	75%
	1000	0.125	75%
	1500	0.1	80%
	2000	0	100%
	2500	0	100%
	3000	0.125	75%
	100	0.125	75%
	500	0.125	75%
	1000	0.125	75%
	1500	0.125	75%
	2000	0	100%
	2500	0.125	75%
0.0001	3000	0.125	75%

Tabel 6. Tabel Hasil Pelatihan Klasifikasi

No.	Learning Rate	Epoch	Time	Performance (MSE)	Accuracy
1.	0.1	100	06:01	0.05	90%
2.	0.2	100	04:44	0.175	65%
3.	0.3	100	03:46	0.250	50%

No.	Learning Rate	Epoch	Time	Performance (MSE)	Accuracy
4.	0.4	100	02:47	0.375	25%
5.	0.5	100	02:00	0.375	25%
6.	0.6	100	01:50	0.375	25%
7.	0.7	100	02:08	0.375	25%
8.	0.8	100	05:39	0.375	25%
9.	0.9	100	04:35	0.375	25%

Dari tabel 4, 5, dan 6 hasil penelitian, diketahui bahwa nilai akurasi yang dihasilkan oleh beberapa parameter yang berbeda. Dari parameter *Learning Rate* dan *Epoch* yang diubah-ubah menghasilkan nilai akurasi 25% - 100%. Parameter yang mempengaruhi nilai *accuracy* adalah *learning rate*, semakin kecil nilai *learning rate* maka semakin kecil prosentase *accuracy* yang diperoleh.

6. Tahap Pengujian (Testing)

Pengujian dilakukan menggunakan parameter input yang diperoleh pada proses pelatihan yaitu *learning rate* dan bobot yang telah disimpan. Parameter yang digunakan yakni dengan *Learning Rate* 0.1 dan *Epoch* 100, dikarenakan *accuracy* yang baik dengan waktu klasifikasi yang lebih cepat. Untuk beberapa hasil pengujian dengan *learning rate* 0.1 dan *epoch* 100 yakni sebagai berikut:

Tabel 7. Beberapa Hasil Pengujian Klasifikasi dengan parameter Learning Rate 0.1 dan Epoch 100

No.	Nama File	Kelas Awal	Kelas Hasil	Benar / Salah
1.	20051020_44431_0100_PP.tif	Normal	Normal	Benar
2.	20051020_44692_0100_PP.tif	Normal	Severe NPDR	Salah
3.	20051020_44714_0100_PP.tif	Normal	Severe NPDR	Salah
4.	20051020_56592_0100_PP.tif	Mild NPDR	Severe NPDR	Salah
5.	20051020_61998_0100_PP.tif	Mild NPDR	Normal	Salah
6.	20051020_62014_0100_PP.tif	Mild NPDR	Moderate NPDR	Salah
7.	20051020_63711_0100_PP.tif	Moderate NPDR	Severe NPDR	Salah
8.	20051020_63829_0100_PP.tif	Moderate NPDR	Severe NPDR	Salah
9.	20051021_40180_0100_PP.tif	Moderate NPDR	Severe NPDR	Salah
10.	20051019_38557_0100_PP.tif	Severe NPDR	Severe NPDR	Benar
11.	20051020_43906_0100_PP.tif	Severe NPDR	Severe NPDR	Benar
12.	20051020_44349_0100_PP.tif	Severe NPDR	Severe NPDR	Benar

V. PENUTUP

Simpulan

Klasifikasi penyakit *Diabetic Retinopathy* dengan metode klasifikasi *Learning Vector Quantization* (LVQ) berdasarkan pada ciri ekstraksi pembuluh darah, akan dikelompokkan sesuai dengan kelasnya masing-masing yaitu normal, mild NPDR, moderate NPDR, dan severe NPDR.

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, untuk dimensi 2240x1488 piksel dengan Learning Rate 0.1 dan Epoch 100 menghasilkan akurasi yang cukup baik daripada dimensi dan parameter di bawahnya (pada tabel 6), yakni dengan akurasi pelatihan 90%, dan akurasi pengujian 43.75% (pada tabel 7).

Saran

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, saran untuk penelitian mendatang adalah agar menambah ciri fitur penyakit *Diabetic Retinopathy* jika ingin mengklasifikasikan kedalam fase yang lebih banyak. Kemudian memperbaiki proses pengolahan dan ekstraksi citra agar dapat mencapai nilai akurasi yang lebih baik dari nilai sebelumnya, dengan database retinopathy yang berbeda, agar mengetahui kinerja program dengan metode klasifikasi yang sama.

VI. DAFTAR PUSTAKA

Ayu, Ratna Gitasari. Hidayat, Bambang. Suci Aulia. 2013. Klasifikasi Penyakit Diabetes Retinopati Berdasarkan Citra Digital dengan menggunakan Metode Wavelet dan Support Vector Machine. Teknik Telekomunikasi. Universitas Telkom.

Ayu, Nimas Mailani. Amrizal, Victor. Hakiem, Nashrul. 2016. Comparative Analysis of The Accuracy of Backpropagation and Learning Vector Quantization For Pattern Recognition of Hijaiyah Letters. Jakarta: UIN Syarif Hidayatullah. IEEE

Complement Image .<https://www.mathworks.com/help/images/ref/imcomplement.html>? requested Domain = www.mathworks.com. Terakhir diakses 20 Januari 2017.

Contrast-Limited Adaptive Histogram Equalization (CLAHE).<http://www.mathworks.com/help/images/ref/adapthisteq.html?requestedDomain=www.mathworks.com>. Terakhir diakses 29 Agustus 2016.

EdgeDetection.<http://www.mathworks.com/help/images/ref/edge.html> Diakses Terakhir 29 Agustus 2016

Kadir, Abdul dan Susanto, Adhi (2013). Teori dan Aplikasi Pengolahan Citra. Yogyakarta: Penerbit Andi.

Kusumadewi, Sri. 2003. Artificial Intelligence (Teknik dan Aplikasinya). Yogyakarta: Graha Ilmu.

LearningVectorQuantization.<http://www.mathworks.com/help/nnet/ug/learning-vector-quantization-lvq-neural-networks-1.html?searchHighlight=LVQ>

Munir, Rinaldi. 2004. Pengolahan Citra Digital. Bandung: Informatika.

Sitompul, Ratna. 2011. *Diabetic Retinopathy*. Jakarta: Department of Ophthalmology, Universitas Indonesia.

Susilo, Yekti dan Wulandari, Ari. 2011. Cara Jitu Mengatasi Diabetes Mellitus (Kencing Manis). Yogyakarta: Penerbit ANDI.

Xiaofeng Li. Yinhui Zhang. 2016. Digital Image Edge Detection Based on Neural Network. Tiajin China: IEEE